干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

中国沙漠地区旅游业与旅客运输的空间格局及动态响应研究

张 阳[1,2]， 靳 雪[3]， 龚先洁[2]

（1. 西安航空学院经济管理学院，陕西 西安 710077；2. 西安航空学院通用航空产业研究中心，陕西 西安 710077；3. 长安大学经济与管理学院，陕西 西安 710064）

摘 要：中国沙漠地区广泛分布于西北荒漠地带，其旅游产品远离东部客源中心城市，因而来访游客多依赖民航运输。基于2009—2019年沙漠地区旅游人数、旅游收入以及民航旅客运输的相关指标，借助空间邻近度、缓冲区分析和面板向量自回归模型（Panel vector autoregression，PVAR模型）对中国沙漠地区旅游业和民航客运的时空发展关系进行测度。结果表明：(1) 中国沙漠地区旅游资源主要沿丝绸之路经济带中心线分布，在中北及西北部地区较为密集。(2) 民航机场覆盖45个沙漠旅游景区，通达性较好的比例为86.7%，仅6个沙漠旅游景区通达性较差，两者间缓冲距离多数处于中距缓冲区，其中短距和中短距缓冲区所占比例为73.3%，说明两者的空间邻近度高，即沙漠地区旅游业和民航客运具有较强的空间相互依赖性。(3) 协整检验结果显示沙漠地区旅游业和民航客运存在长期稳定的均衡关系。通过脉冲响应和方差分解发现，短期内沙漠地区旅游业对民航客运表现为正负作用交互态势，长期将起到显著的正面促进作用；而民航客运可通过增加通航城市数量有效扩大客源市场，达到促进沙漠地区旅游业发展的目的。

关 键 词：沙漠地区旅游业；旅客运输；空间格局；PVAR模型；动态响应

文章编号：

中国是世界上沙漠分布较广的国家之一，沙漠面积约70×10^4 km^2，占全国陆地总面积的13%，排名世界第3[1]。沙漠既是一种自然地貌景观，同时又是有着巨大潜力的旅游吸引物，其范围内的湖泊、生物、建筑、民俗等自然文化事项共同构成了沙漠旅游资源[2]。面积广大的沙漠区域蕴藏着丰富的沙漠旅游资源本底，为沙漠地区旅游业的发展提供了良好的资源优势。受地理位置限制，多数沙漠地区旅游产品分布在胡焕庸线以西，远离东部中心客源市场，在地形、地质条件、生态环境等自然条件制约下，公路铁路等交通方式建设不便，因此对外旅客运输主要依赖民航客运。21世纪以来，中国民航通航站点自一、二线城市逐步覆盖到三、四线城市，航线网络布局进一步完善，航班架次更加密集，有效改善沙漠地区旅游目的地可进入性。故本文在探究中国沙漠地区旅游业与旅客运输的时空关系上，主要侧重于旅游业与民航旅客运输的空间格局及动态交互作用的研究。

以往的沙漠旅游研究更多关注单一的沙漠旅游主题，包括沙漠旅游概念[3-4]、沙漠旅游资源特点[5-7]及市场开发[8-10]、沙漠型地质公园建设[11-13]和沙漠景区空间结构特征研究[14-15]等，董瑞杰等[5,8,11]分析了中国各地区沙漠旅游竞争力，并明确了沙漠旅游景区的开发路径，丛林阁通过对沙漠旅游景区的现状分析提出了可持续的发展模式[9]。而现有的民航客运与旅游研究侧重于整个旅游业，马丽君等[16]借助弹性系数分析中国入境旅游与民航客运的关系，并划分城市的航空依赖类型；白洋等[17]采用相同模型

收稿日期：2020-05-18； **修订日期**：2020-11-30

基金项目：国家自然科学基金资助项目（41571346）；陕西省软科学研究计划（2020KRM068）；陕西文化和旅游研究课题（SWHHLYKT202020）资助

作者简介：张阳（1988-），男，副教授，博士，主要从事航空旅游经济研究. E-mail: zhangyang@xaau.edu.cn

研究了丝绸之路经济带核心区交通与旅游业的协调发展关系；王姣娥等[18]立足于20 a来中国民航客运和旅游业发展变化历程，利用面板向量自回归模型（Panel vector autoregression，PVAR模型）从全国和省域尺度定量分析了两者的关系。以往的沙漠旅游研究多聚焦于沙漠旅游资源的利用、开发和保护，而民航客运和旅游业的相互关系研究多从全旅游产业角度入手，尚未有从沙漠旅游业出发来探究民航客运与沙漠地区旅游的时空关系。因此，该研究聚焦于中国沙漠地区旅游业，借助空间邻近度、缓冲区分析阐明沙漠地区旅游业和民航旅客运输的空间格局关系，并构建沙漠旅游人数、旅游收入和民航客运相关指标的PVAR模型，对沙漠地区的旅游发展和民航旅客运输间的动态相关关系进行测度，据此提出促进民航客运和沙漠地区旅游业协调发展的建议。

1 研究数据与模型

1.1 研究数据

为了保证数据的有效性和研究的科学性，收集了2009—2019年沙漠旅游及民航客运的面板数据。在变量选取上，传统衡量旅游业发展水平的指标多为旅游人数与旅游收入，而直观反映民航客运情况的指标则是旅客吞吐量，可从数量上描述民航旅客运输的整体水平。但要量测整个沙漠地区旅游业与民航客运间的相互关系，还需考虑目的地面向客源市场的通达程度，故选取航线数量和通航城市作为补充指标。因此，以沙漠地区旅游人数（Number of tourists，TN）和旅游收入（Tourism income，TI）来反映旅游业发展状况，上述旅游量测指标用45个沙漠旅游景区的旅游人次和收入之和表示；以旅客吞吐量（Passenger throughput，PT）、航线数量（Number of routes，RN）和通航城市（Navigable city，NC）来反映民航客运发展状况，通过收集各大沙漠区域内所包含民航机场的旅客吞吐量、航线数量和通航城市数据，加总求和后与相应旅游数据构建PVAR模型，可对沙漠地区旅游业与民航客运间的关系进行有效测度。

旅游数据来源于各沙漠旅游景区官网、各市县政府工作报告、百度搜索的网络数据以及中国统计信息网中年度《国民经济和社会发展统计公报》；民航客运数据来源于中国民用航空局《全国机场生产统计公报》和民航资源网。沙漠数据来源于寒区旱区研究所的中国1:100000沙漠（沙地）分布数据集，沙漠地区旅游景区及相应民航机场的地理位置坐标从LocaSpaceViewer获得。

1.2 研究方法

1.2.1 空间邻近度 空间邻近度是描述地理空间中2个地物距离相近的程度，通过对2个地物的自然距离测算，定量描述两者之间的空间相近度，常用方法包括缓冲区分析和泰勒（Voronoi）多边形分析。空间邻近度分析是空间探索性研究的重要手段，将这一方法引入民航客运对旅游业发展的影响测度中，可更直观的反映中国沙漠地区民航客运对旅游景区的综合影响水平。

1.2.2 缓冲区分析 缓冲区分析是解决邻近度问题的空间分析工具之一，它是指为了识别某地理实体或空间物体对其周围的邻近性或影响度而在其周围建立的一定宽度的带状区[19]。缓冲把地图分为2个区域，1个区域在所选地图要素制定距离之内，另1个在制定距离之外，在指定距离之内的区域称为缓冲区。因本论文选取的目标对象覆盖面更广更细致，选择缓冲区分析可以列出不同缓冲距离，在明确不同民航机场对45个沙漠旅游景区的辐射范围和影响程度时更具有差异性，故选择缓冲区分析来度量空间邻近度。其计算公式为：

$$B_i = \{x : d(x, O_i) \le R\},\ i = 1, 2, 3, \cdots, n \tag{1}$$

式中：B_i为计算的缓冲区结果，表示其他空间点距中心点O_i的距离（d）小于R的点集合；x为自变量；d一般指最小欧氏距离；O_i为空间分析对象；R为邻域半径。

1.2.3 面板向量自回归模型 1980年Sims提出的基于时间序列的向量自回归模型（Vector autoregression，VAR模型）主要是用来分析一组内生变量之间的动态关系[20]。但是随着模型中变量数的增加，VAR模型中的待估系数也会成倍增加，因此具有较大样本观测值时才能有效估计模型参数，PVAR模型的优势就是可以获得更多的样本观测值，将时间序列选取为2009—2019年，通过空间分析划定并提取主要沙漠旅游区域，既保证数据时期跨度大，又借助分区域面板数据快速增加样本容量[21-25]。PVAR模型的公式如下：

$$y_{it}=\alpha_i+\eta_t+\beta_0+\sum_{j=1}^{p}\beta_j y_{i,t-j}+\varepsilon_{it},\qquad(2)$$

$$i=1,2,\cdots,9;\quad t=1,2,3,4,5;\quad j=1,2,3$$

式中：y_{it}为包含2个内生变量的列向量(X_R,Y_R)；X_R为各沙漠地区旅游人数的二阶差分值；Y_R为民航机场旅客吞吐量的二阶差分值；i代表各沙漠旅游区域(个)；t代表年份(a)；α_i为区域效应列向量，代表以固定效应形式反映的各沙漠旅游地区的个体差异性；η_t为时间效应列向量，代表时间变化对各沙漠旅游地区的影响；β_0表示截距项向量；j表示项的系数；p表示滞后阶数；β_j表示滞后向量的参数矩阵；$y_{i,t-j}$表示第i个沙漠区域、第$t-j$年度所组成的向量；ε_{it}为"白噪声"扰动项。

2　结果与分析

2.1　中国沙漠地区旅游资源分布特征

2.1.1　*总体分布特征*　运用ArcGIS 10.6绘制中国沙漠分布图(图1)，观察可知，中国沙漠地区在地理位置上广泛分布于长城以北的中北及西北部地区，多集中于新疆、甘肃、内蒙一带，陕西、青海也有部分内陆沙漠分布；在经济区域则呈现大聚集、小分散的特征。中国沙漠地区旅游资源主体围绕丝绸之路经济带的中心线聚集，贯穿了西北五省及内蒙古自治区，并延伸至中亚地区，其中内蒙古西部、塔里木盆地、准噶尔盆地的边缘地带沙漠旅游资源分布最为密集，其余零星散布于内蒙古东部和中部边境地区，处于东北—蒙东经济区与京津冀经济圈及其外围地带。

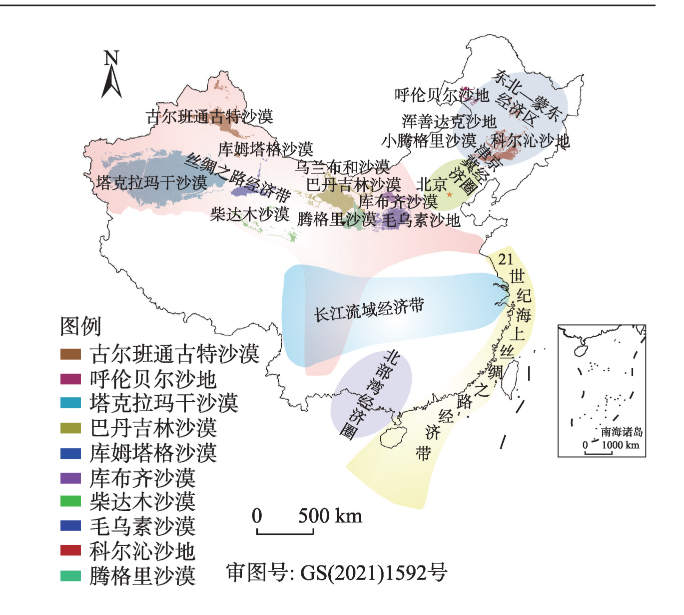


图1　中国沙漠地区与主要经济带分布图

Fig. 1　Distribution of desert areas and economic belts in China

2.1.2　*主要分布区域*　为了探究沙漠地区旅游业和民航客运的空间格局及动态响应关系，调查并收集中国主要沙漠旅游景区的地理位置信息，经测算共有沙漠型旅游景区45个，并将所有景区位置可视化在图2中。由图2可见，中国沙漠旅游景区主要分布于塔克拉玛干沙漠、古尔班通古特沙漠、库姆塔

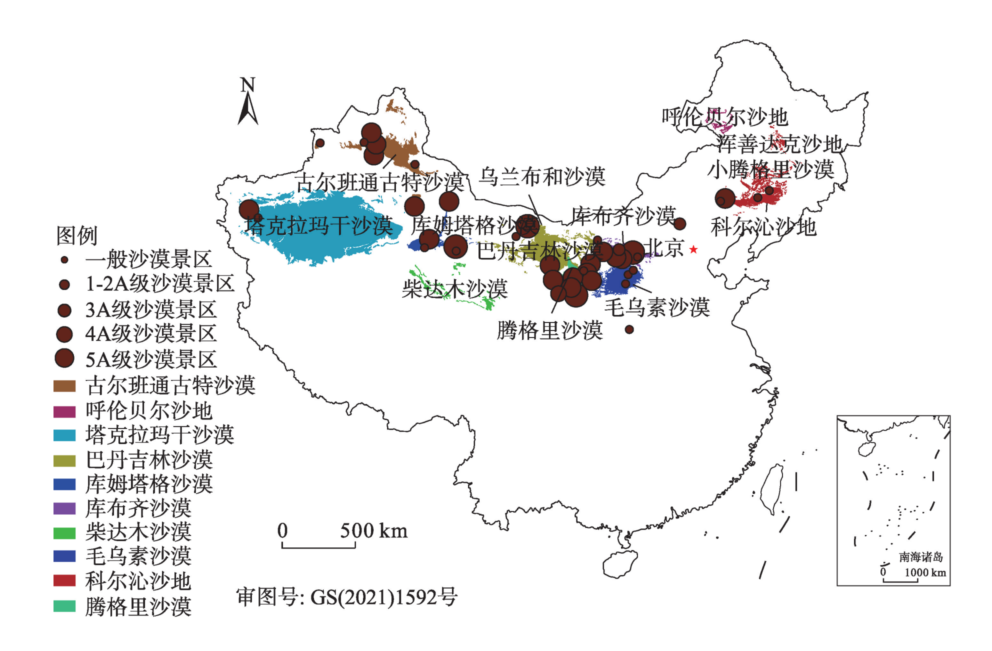


图2　沙漠旅游景区的位置分布

Fig. 2　Location distribution of desert scenic spots

格沙漠、巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠、乌兰布和沙漠、库布齐沙漠、柴达木沙漠8大沙漠和毛乌素沙地、浑善达克沙地、科尔沁沙地、呼伦贝尔沙地4大沙地中。4A级以上旅游景区集中分布于腾格里沙漠、库布齐沙漠、库姆塔格沙漠和古尔班通古特沙漠中，而科尔沁沙地和乌兰布和沙漠主要分布的是3A级以下旅游景区。柴达木沙漠和呼伦贝尔沙地旅游景区极少，浑善达克沙地仅包含南沙梁景区（2A级），上述3个区域研究样本量较少，予以剔除，因此选取其余9大沙漠和沙地区域进行测度分析。

2.2 空间格局发展测度

通过对民航机场和沙漠旅游景区的自然距离测算，定量描述两者之间的空间相近度（表1）。并采用ArcGIS 10.6中的多环缓冲区分析，以沙漠地区各民航机场为中心，分别以50 km、100 km、150 km、200 km、250 km的距离为半径做圆，将相交的圆融合成多边形图层，最终确定每个民航机场的可达范围界限，并将沙漠旅游景区的位置图层可视化在该缓冲区图层上，以此分析民航机场对沙漠旅游景区的辐射范围和影响程度。

据表1可知，现有45个沙漠旅游景区中，位于机场250 km辐射范围内的沙漠旅游景区共39个，这表明86.7%的沙漠旅游景区具有良好的通达性，而其余6个沙漠旅游景区通达性较差。在通达性较好的39个景区中，额济纳旗机场服务景区数量最多，鄂尔多斯伊金霍洛国际机场、阿拉善左旗机场和敦煌莫高国际机场次之，石河子花园机场和阿拉善右旗机场最少，其他机场处于中等水平。服务景区数量在中等水平以上的机场占比40%，稍次于中等水平的机场占比46%，这些机场服务景区数量虽少，但所覆盖景区等级普遍较高（4A以上），所服务旅游人数远高于一般性景区。因此，沙漠地区机场总体对沙漠旅游景区具有较高的影响力，可有效改善沙漠地区旅游交通的通达性。

按照不同的缓冲距离划分为5级缓冲区，距离机场50 km、100 km、150 km、200 km、250 km分别可标注为短距缓冲区、中短距缓冲区、中距缓冲区、中长距缓冲区、长距缓冲区，对应民航机场影响力等级为1~5级，数字越小，影响力等级越高。

结合图3和表1发现，每个民航机场与其相应覆盖的沙漠旅游景区平均距离基本处于150 km范围内，属中距以下缓冲区。其中5个民航机场位于短距缓冲区，机场影响力等级为1级；6个位于中短距缓冲区，机场影响力等级为2级，两者所占比例为73.3%，机场影响力等级较高。而中距缓冲区和中长距缓冲区的民航机场各为2个，占比26.7%，机场影响力等级为3级。综上所述，建设民航机场可有效提高沙漠旅游景区的可进入性。且距离测算表和缓冲区图都表明两者的空间邻近度高，故认为沙漠地区旅游业和民航客运之间具有较强的空间相

表1 民航机场和沙漠旅游景区的空间邻近度分析

Fig. 1 Analysis of the spatial proximity between civil aviation airport and desert tourist attractions

民航机场	服务景区数量/个	平均距离/km	距离排序
石河子花园机场	1	15	1
阿拉善右旗机场	1	76	8
榆林榆阳机场	2	18	2
中卫沙坡头机场	2	18	3
乌海机场	2	41	4
巴彦淖尔天吉泰机场	2	73	7
金昌金川机场	2	103	12
喀什机场	2	153	14
吐鲁番交河机场	2	160	15
克拉玛依机场	3	66	6
赤峰玉龙机场	3	135	13
鄂尔多斯伊金霍洛国际机场	4	80	9
阿拉善左旗机场	4	82	10
敦煌莫高国际机场	4	86	11
额济纳旗机场	5	42	5

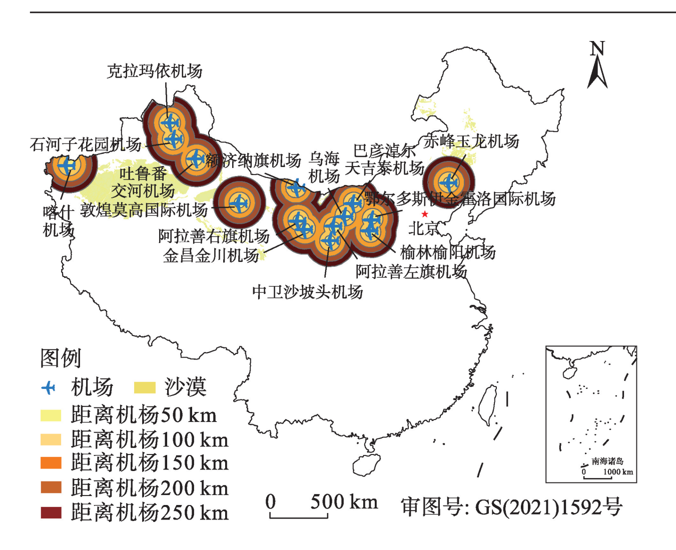


图3　民航机场对沙漠旅游景区的缓冲区分析

Fig. 3　Analysis of the buffer zone of civil aviation airport to desert tourist attractions

互依赖性。

2.3　发展水平关系测度

2.3.1　PVAR模型的检验　（1）单位根检验。在构建模型前，首先需要对面板数据进行单位根检验，判断是否为平稳序列，只有在平稳序列的情况下才可进行模型构建。同时选择LLC（Levin-Lin-Chu）和ADF（Augmented Dickey-Fuller test）进行变量的单位根检验，如果同时通过检验，则认为该序列是平稳的，反之不平稳，则需要对数据进行差分处理，只有保持变量的平稳才能进一步构建PVAR模型进行有效分析。各变量的单位根检验结果见表2。可以看出，所有变量在原值和一阶差分的状态下，P值大于5%水平测度下的临界值，表现为不平稳，而二阶差分时所有变量均在5%的显著性水平上拒绝原假设，表示序列平稳。

（2）内生性检验。内生性是指模型中的1个或多个解释变量和随机扰动项相关。常用的内生性检验方法是豪斯曼检验（Hausman检验），它是用来检验个体效应或时间效应与解释变量是否相关，从而来确定模型是选择固定效应形式还是随机效应形式。通过对Δ^2TN、Δ^2TI和Δ^2PT、Δ^2RN、Δ^2NC（Δ^2TN表示对变量TN进行二阶差分，其他变量的二阶差分的表示方式相同）进行Hausman检验，检验结果P=0.0004，小于0.01，说明在99%的置信水平下拒绝原假设，应选择固定效应模型。

（3）协整检验。为考虑沙漠地区旅游业与民航客运之间是否存在长期协整关系，对旅游人数和收入与民航客运指标的二阶差分数据进行恩格尔-格兰杰协整检验（Engle-Granger cointegration test），原假设是无协整关系，结果见表3。发现除Panel v和Panel rho形式，其他形式的检验结果P值都小于

表2　面板数据的单位根检验

Tab. 2　Unit root test of panel data

变量	LLC		ADF	
	统计量	P值	统计量	P值
TN	14.49620	1.0000	0.49106	1.0000
ΔTN	−0.95635	0.1694	23.93540	0.1572
Δ^2TN	−10.37310	0.0000	97.80860	0.0000
TI	12.67110	1.0000	0.16240	1.0000
ΔTI	−0.71523	0.2372	21.04670	0.2771
Δ^2TI	−11.00480	0.0000	96.74610	0.0000
PT	10.03340	1.0000	1.30080	1.0000
ΔPT	−1.86147	0.0313	27.16450	0.0760
Δ^2PT	−12.65920	0.0000	115.13400	0.0000
RN	9.64575	1.0000	1.39363	1.0000
ΔRN	−0.90475	0.1828	33.15150	0.0160
Δ^2RN	−9.60373	0.0000	88.19150	0.0000
NC	8.69586	1.0000	0.95720	1.0000
ΔNC	−3.14952	0.0008	34.45140	0.0111
Δ^2NC	−13.13960	0.0000	116.21600	0.0000

注：LLC（Levin-Lin-Chu）和ADF（Augmented Dickey-Fuller test）都属于面板向量自回归模型（PVAR模型）中对变量进行单位根检验的方式。TN表示旅游人数；TI表示旅游收入；PT表示旅客吞吐量；RN表示航线数量；NC表示通航城市；ΔTN表示对变量TN进行一阶差分；Δ^2TN表示对变量TN进行二阶差分；其他变量的一阶差分、二阶差分的表示方式相同。下同。

表3 面板数据的协整检验

Tab. 3 Co-integration test of panel data

变量	检验结果	Panel v	Panel rho	Panel PP	Panel ADF	Group rho	Group PP	Group ADF
旅游人数与民航客运指标	统计量	−2.5568	0.2602	−2.4504	−2.6186	2.5156	0.6387	−2.1302
	P值	0.9947	0.6027	0.0071	0.0044	0.0041	0.0385	0.0166
旅游收入与民航客运指标	统计量	−2.5545	0.7217	−1.7098	−2.9800	1.7877	−3.5452	6.8413
	P值	0.9947	0.7648	0.0436	0.0014	0.0031	0.0002	0.0000

注：Panel v、Panel rho、Panel PP、Panel ADF、Group rho、Group PP、Group ADF属于检验结果的参数显示。

0.05，即拒绝原假设，表示支持协整，说明旅游人数和收入与民航客运之间存在长期稳定的均衡关系。基于此，进一步通过脉冲响应和方差分解对两者的长期动态交互作用进行分析。

（4）稳定性检验及滞后阶数的选择。对分别构建的旅游人数、收入和民航客运之间的PVAR模型进行稳定性检验，发现所有的点全部位于单位圆内，说明研究所构建的2个PVAR模型是稳定的。再根据表4各准则下的最佳滞后阶数来判定指标，发现旅游人数和民航客运的PVAR模型的最优滞后阶数是5阶，旅游收入和民航客运的PVAR模型最佳滞后阶数是3阶。

2.3.2 脉冲响应和方差分解分析 （1）沙漠旅游人数和民航客运的脉冲响应。脉冲响应函数体现的是当给定一个标准差单位的冲击，内生变量的当期和未来值随误差大小变化而受影响状况。研究采用的脉冲响应图（图4~7），横轴代表滞后期数，选取期数为20期，纵轴代表响应程度，实线为脉冲函数响应值，代表旅游人数、旅游收入分别与民航客运的增长速度在互相冲击下的响应，虚线为正负两倍标准差的置信带。

图4表示沙漠旅游人数（Δ^2TN）对各民航客运指标的脉冲响应。当给定Δ^2PT一个标准差的冲击，Δ^2TN初期到第3期下降到最小值−0.017，上升到第6期达到最大值−0.004，此后至20期一直保持微小曲线波动；当给定Δ^2RN一个标准差的冲击，Δ^2TN从第1期到第6期呈幅度加大的降−升变化，在第5期时出现最小值−0.007，从第7期之后基本在零值附近波动，且这2个指标整体都呈现负向冲击；当给定Δ^2NC一个标准差的冲击，Δ^2TN整体呈现正向响应，表现为震幅逐渐变小的“U”型曲线，在这个过程中第3期出现最大值0.02，第7期出现最小值−0.003。说明通航城市的增加，扩大客源市场才是提升沙漠旅游人数的最关键问题。

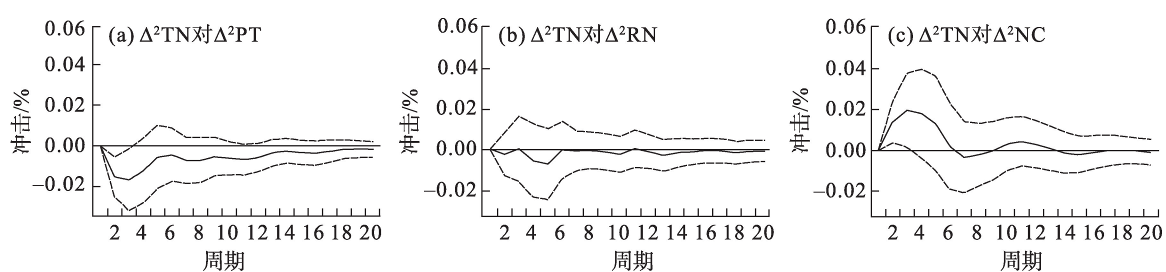
图5表示各民航客运指标对沙漠旅游人数（Δ^2TN）的脉冲响应。当给定Δ^2TN一个标准差的冲击，Δ^2PT、Δ^2RN和Δ^2NC的响应在当期达到最小值，随后波动式上升到第4期达到最大值，到第6期Δ^2PT出

表4 滞后阶数的判定

Tab. 4 Determination of lag order

PVAR模型	滞后阶数	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
旅游人数和民航客运	0	115.0796	NA	1.92×10^{-7}	−4.11406	−3.96673	−4.05724
	1	309.7320	353.25800	2.57×10^{-10}	−10.73081	−9.99415*	−10.44671
	2	331.2138	35.80297	2.12×10^{-10}	−10.93384	−9.60785	−10.42246
	3	356.2382	38.00013	1.56×10^{-10}	−11.26808	−9.35277	−10.52942
	4	365.0314	12.04988	2.14×10^{-10}	−11.00116	−8.49652	−10.03522
	5	404.3821	48.09520*	9.81×10^{-11}*	−11.86600*	−8.77203	−10.67278*
旅游收入和民航客运	0	150.2769	NA	5.21×10^{-8}	−5.41766	−5.27033	−5.36084
	1	367.3054	393.86650	3.05×10^{-11}	−12.86316	−12.12650	−12.57906*
	2	381.3863	23.46812	3.31×10^{-11}	−12.79208	−11.46609	−12.28070
	3	409.9643	43.39620*	2.13×10^{-11}*	−13.25794	−11.34262*	−12.51927
	4	425.0283	20.64327	2.32×10^{-11}	−13.22327	−10.71862	−12.25733
	5	441.9765	20.71455	2.44×10^{-11}	−13.25839*	−10.16442	−12.06517

注：NA表示该处检验结果为空；*表示滞后阶数的显著性；LogL、LR、FPE、AIC、SC、HQ属于判断模型最优滞后阶数的检验准则。



注：实线为脉冲函数响应值，代表旅游人数、旅游收入分别与民航客运的增长速度在互相冲击下的响应；虚线为正负两倍标准差的置信带。TN表示旅游人数；TI表示旅游收入；PT表示旅客吞吐量；RN表示航线数量；NC表示通航城市；Δ^2TN表示对变量TN进行二阶差分，其他变量二阶差分的表示方式相同。下同。

图4　沙漠旅游人数对各民航客运指标的脉冲响应

Fig. 4　Impulse response of Δ^2TN to various civil aviation passenger transport indicators

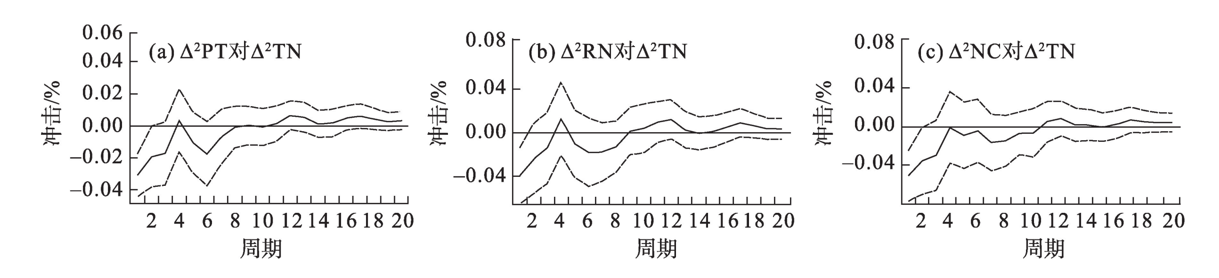


图5　各民航客运指标对沙漠旅游人数的脉冲响应

Fig. 5　Impulse response of various civil aviation passenger transport indexes to Δ^2TN

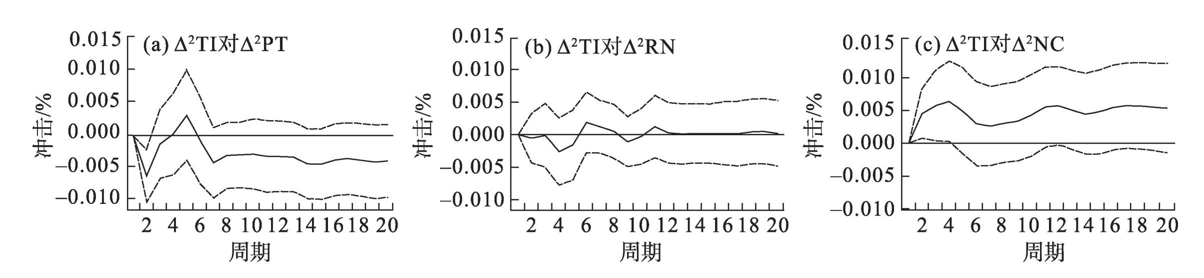


图6　沙漠旅游收入对各民航客运指标的脉冲响应

Fig. 6　Impulse response of Δ^2TI to various civil aviation passenger transport indicators

现第2低峰，随后到第10期保持上升态势趋近于0，Δ^2RN从4期到第10期呈现倒“U”型曲线，并接近0值，这一期数Δ^2NC保持震幅增大的降-升趋势，到0值，第10期之后Δ^2PT、Δ^2RN和Δ^2NC都在正值范围呈现曲线式波动。这说明旅游人数对民航客运的影响在短期内为正负影响交替出现，但从长期来看将起到积极的正向促进作用。

（2）沙漠旅游收入和民航客运的脉冲响应。图6表示沙漠旅游收入（Δ^2TI）对各民航客运指标的脉冲响应。当给定Δ^2PT一个标准差的冲击，Δ^2TI初期到第2期下降到最小值-0.0062，上升到第5期达到最大值0.0032，之后下降到第7期出现第2低峰，基本在负向冲击保持平稳至20期；当给定Δ^2RN一个标准差的冲击，Δ^2TI前3期影响细微，从第3期到第11期呈幅度一致的折线降-升趋势，此后一直在零附近波动，整体虽呈正向冲击但较微弱；当给定Δ^2NC一个标准差的冲击，Δ^2TI响应为倒“U”和正“U”型曲线交替出现，整体呈现高度正向冲击。这正验证了图5的分析结果：通航城市的增加对沙漠旅游业发展的积极作用。

图7表示各民航客运指标对沙漠旅游收入（Δ^2TI）的脉冲响应。当给定Δ^2TI一个标准差的冲击，Δ^2PT、Δ^2RN的响应在初期达到最高值，Δ^2NC的响应上升到第3期达到最高值，且都在最大值之后到11期呈现波动式缓慢下降趋势，期数越大，越趋近于0值，三者整体呈现正向响应。说明沙漠旅游收入的提

高能有效促进民航客运的发展。

2.3.3 方差分解 根据方差分解结果(表5和表6)发现,在同等期数条件下,沙漠地区旅游人数和收入对自身的贡献率较高,保持在40%~60%的平均水平,民航客运的3个指标中,通航城市对旅游人数和收入的贡献率最高,达到30%以上,近40%,旅客吞吐量次之,对沙漠旅游收入的贡献率达20%,航线数量最低,保持1.5%的水平。说明对于中国沙漠地区,地广人稀,经济落后,生态环境脆弱,第一、二产业发展受限,旅游业在沙漠地区经济发展中发挥着重要作用,且民航机场大多依托景区辐射而建设,其对旅游业健康有序发展起着关键的促进作用。而在客源市场一定的情况下,一味增加航线数量和扩大客运量并不能对旅游发展起到显著拉动作用,

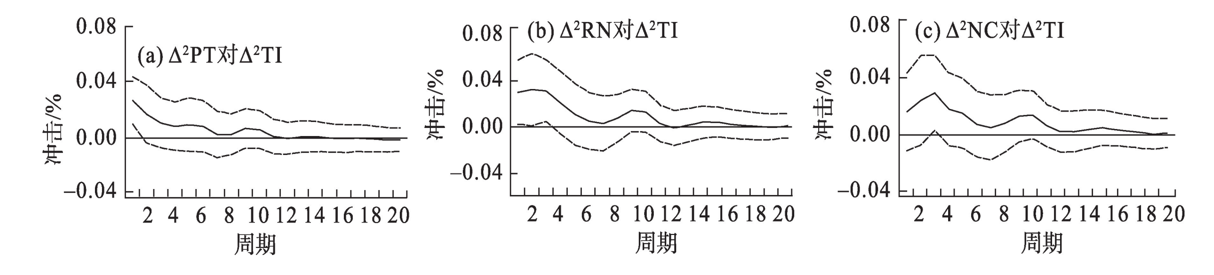


图7 各民航客运指标对沙漠旅游收入的脉冲响应

Fig. 7 Impulse response of various civil aviation passenger transport indexes to Δ^2TI

表5 旅游人数和民航客运的方差贡献率

Tab. 5 Variance contribution rate of Δ^2TN and civil aviation passenger transport

期数	方差贡献率	Δ^2TN	Δ^2PT	Δ^2RN	Δ^2NC
2	0.056761	92.35141	6.943634	0.096063	0.60889
4	0.070589	87.70865	5.383833	1.405993	5.50152
6	0.076131	84.83131	4.649286	1.966472	8.55294
8	0.084798	76.32061	4.034594	2.110090	17.53470
10	0.091662	70.13224	3.715256	1.909879	24.24262
12	0.095734	66.87106	3.550654	1.876782	27.70150
14	0.098626	64.74838	3.440676	1.888071	29.92287
16	0.100444	63.58143	3.381164	1.907688	31.12971
18	0.101617	62.86770	3.338663	1.936415	31.85722
20	0.102394	62.41877	3.307314	1.970104	32.30381

表6 旅游收入和民航客运的方差贡献率

Tab. 6 Variance contribution rate of Δ^2TI and civil aviation passenger transport

期数	方差贡献率	Δ^2TI	Δ^2PT	Δ^2RN	Δ^2NC
2	0.016242	77.35197	14.68834	0.112632	7.84706
4	0.020782	66.92748	9.34729	1.636461	22.08877
6	0.022522	62.02068	10.02843	2.573322	25.37757
8	0.024289	59.74629	13.13849	2.488893	24.62633
10	0.026023	57.87297	13.92427	2.357463	25.84530
12	0.027955	52.51975	14.68688	2.239894	30.55348
14	0.029649	49.19169	16.42298	1.996189	32.38914
16	0.031344	45.75465	18.07754	1.791866	34.37594
18	0.032998	42.57980	18.72436	1.635458	37.06038
20	0.034554	39.98929	19.69515	1.517314	38.79825

因为沙漠旅游属于价格敏感型产品，对旅游者的收入和经济状况有一定要求，此时需要通过增加通航城市，开发新的客源市场来焕发沙漠地区旅游业新的生机。

3　结论与建议

借助邻域分析探究了中国沙漠地区旅游业与民航旅客运输间的空间格局关系，同时基于2009—2019年的旅游人数、旅游收入与民航客运指标数据，构建PVAR模型对两者之间的动态关系进行测度，可得出以下结论：

（1）中国沙漠地区旅游资源的分布特征为在地理位置上集中于中国西北及中北部地区，在经济区域上主要沿丝绸之路经济带的中心线分布。

（2）通过空间邻近度、缓冲区分析进行空间测度发现，大多数民航机场覆盖的沙漠旅游景区通达性较好，表明民航客运对沙漠旅游业可产生较高的正向影响；两者的缓冲距离主要处在短距缓冲区和中短距缓冲区，具有较高的空间依存性，因此民航客运可有效改善沙漠旅游的可进入性，吸引大量游客来访。

（3）构建PVAR模型对动态相关关系进行测度，协整检验结果显示沙漠地区旅游业和民航客运之间存在长期稳定的均衡关系。通过脉冲响应和方差分解发现，短期内沙漠地区旅游业对民航客运呈现出正负作用交互态势，长期将起到显著的正面促进作用；而民航客运要侧重增加通航城市以扩大客源市场，这是当前及未来其促进沙漠地区旅游业发展的关键之处。

对于未来沙漠地区的旅游业发展和民航客运建设，可从以下3个方面加以改善。首先，持续改善沙漠地区航空运输能力。着重增加沙漠地区民航机场的通航城市数量，明确不同客源市场的秉性和旅游者的偏好，新增国内国际通航城市，加密航班架次，开拓更多航空运输线路，提高机场运输能力，降低游客的可进入性门槛。其次，不断提升旅游发展水平。把握丝绸之路经济带的战略发展机遇，整合地区内现有沙漠旅游资源，深入挖掘文化内涵，为沙漠旅游产品注入内容和灵魂；同时需明确沙漠旅游景区建设主线，使观光游览、服务设施、娱乐度假、科研探险等多项功能共同推进，建设优质景区，打造中国乃至世界性的知名沙漠旅游品牌。最后，坚持旅游+交通融合发展战略。加快沙漠地区旅游业的上下游产业链建设，提升自身吸引力，依托世界级沙漠旅游资源，开发更广阔的国内外市场；依托短途民航客运的低空观光优势，发挥民航运输的贯通作用，创建沙漠旅游交通融合发展品牌，构建交通+沙漠旅游的融合发展格局。

参考文献（References）

[1] 王艳茹, 李陇堂, 张冠乐, 等. 中国沙漠旅游研究现状及展望[J]. 中国沙漠, 2016, 36(2): 533−539. [Wang Yanru, Li Longtang, Zhang Guanle, et al. Progress and prospects of desert tourism research in China[J]. Journal of Desert Research, 2016, 36(2): 533−539.]

[2] 刘海洋. 国外沙漠旅游研究进展与启示[J]. 世界地理研究, 2016, 25(2): 137−147. [Liu Haiyang. A review of progress and revelation of foreign desert tourism research[J]. World Regional Studies, 2016, 25(2): 137−147.]

[3] 尹郑刚. 我国沙漠旅游研究的现状与展望[J]. 内蒙古社会科学, 2010, 31(5): 115−119. [Yin Zhenggang. Review and prospect of the research on desert tourism in China[J]. Inner Mongolia Social Sciences, 2010, 31(5): 115−119.]

[4] De U S, Sandra M, Le L. Nature-based tourism and climate change risk: Visitors' perceptions in mount desert island, Maine[J]. Journal of Outdoor Recreation and Tourism, 2016, 13(4): 57−65.

[5] 董瑞杰, 董治宝, 曹晓仪, 等. 中国沙漠生态旅游资源及其竞争力分析研究[J]. 中国沙漠, 2013, 33(3): 911−917. [Dong Ruijie, Dong Zhibao, Cao Xiaoyi, et al. Analysis on resources and competitive capacities of desert eco-tourism in China[J]. Journal of Desert Research, 2013, 33(3): 911−917.]

[6] 梅诗婧, 李陇堂, 石磊, 等. 沙漠型景区旅游安全风险评价——以宁夏沙坡头景区为例[J]. 中国沙漠, 2019, 39(5): 143−154. [Mei Shijing, Li Longtang, Shi Lei, et al. Tourism security risk evaluation in desert scenic area: A case study in Shapotou, Ningxia, China[J]. Journal of Desert Research, 2019, 39(5): 143−154.]

[7] 朱怡婷, 熊黑钢, 白洋, 等. 边疆旅游地县域旅游经济时空变迁及驱动机制研究——新疆案例[J]. 干旱区地理, 2019, 42(2): 392−403. [Zhu Yiting, Xiong Heigang, Bai Yang, et al. Spatial and temporal changes and driving mechanism of county-scale tourism in frontier tourism destinations[J]. Arid Land Geography, 2019, 42(2): 392−403.]

[8] 董瑞杰, 董治宝. 宁蒙陕甘毗邻地区沙漠旅游合作开发[J]. 中国沙漠, 2014, 34(3): 911−918. [Dong Ruijie, Dong Zhibao. The cooperative development of desert tourism on the Ningxia-Inner Mongolia-Shaanxi-Gansu adjacent area of China[J]. Journal of Desert Research, 2014, 34(3): 911−918.]

[9] 丛殿阁, 王涛, 庞红丽, 等. 阿拉善沙漠地质公园巴丹吉林园区发展现状及其可持续开发建议[J]. 中国矿业, 2013, 22(增刊1): 127−130. [Cong Diange, Wang Tao, Pang Hongli, et al. The devel-

opment status and sustainable development of Badanjilin scenic in Alashan Desert Geopark[J]. China Mining Magazine, 2013, 22 (Suppl. 1): 127-130.]

[10] 张晓宇. 库布齐沙漠旅游可持续发展评价研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2019. [Zhang Xiaoyu. Study on the evaluation of sustainable development of desert tourism in Kubuqi[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2019.]

[11] 董瑞杰. 沙漠旅游资源评价及风沙地貌地质公园开发与保护研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2013. [Dong Ruijie. Study on the evaluation of desert tourism resources and the development and protection of aeolian landform geopark[D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2013.]

[12] 罗炜. 阿拉善盟沙漠世界地质公园虚拟旅游系统的设计与实现[D]. 天津: 天津大学, 2018. [Luo Wei. Design and implementation of virtual tourism system of Alxa Desert Global Geopark[D]. Tianjin: Tianjin University, 2018.]

[13] 昳丽. 阿拉善沙漠世界地质公园管理问题研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2017. [Yi Li. Study on the management of Alxa Desert Global Geopark[D]. Hohhot: Inner Mongolia University, 2017.]

[14] 李文龙, 吕君, 王珊. 内蒙古入境旅游目的地竞争力空间格局特征与影响因素[J]. 干旱区地理, 2019, 42(2): 404-413. [Li Wenlong, Lyu Jun, Wang Shan. Spatial pattern and influencing factors of the competitiveness of inbound tourism destinations in Inner Mongolia[J]. Arid Land Geography, 2019, 42(2): 404-413.]

[15] 杨发鹏, 张雪唱, 李宗阳. 城市旅游"三生"竞争力空间分异——以西北五省为例[J]. 干旱区地理, 2019, 42(3): 664-672. [Yang Fapeng, Zhang Xuechang, Li Zongyang. Spatial differentiation of the "productions-life-ecology" competitiveness in urban tourism: A case study of five provinces in northwest China[J]. Arid Land Geography, 2019, 42(3): 664-672.]

[16] 马丽君, 孙根年, 张毓. 中国入境旅游与民航客运关系及城市分布的统计分析[J]. 旅游论坛, 2010, 3(5): 548-552. [Ma Lijun, Sun Gennian, Zhang Yu. A statistic analysis of relationship between inbound tourists and passenger traffic of civil aviation and its urban distribution[J]. Tourism Forum, 2010, 3(5): 548-552.]

[17] 白洋, 艾麦提江·阿布都哈力克, 卓乘风, 等. 丝绸之路经济带核心区交通与旅游业协调发展的实证分析[J]. 统计与决策, 2017, 32(16): 141-144. [Bai Yang, Aimaitijiang A, Zhuo Chengfeng, et al. An empirical analysis of the coordinated development of transportation and tourism in the core area of the Silk Road Economic Belt[J]. Statistics & Decision, 2017, 32(16): 141-144.]

[18] 王姣娥, 王涵, 焦敬娟. 中国航空运输业与旅游业发展水平关系测度[J]. 地理科学, 2016, 36(8): 1125-1133. [Wang Jiao'e, Wang Han, Jiao Jingjuan. The relationship between the development level of civil aviation and tourism in China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2016, 36(8): 1125-1133.]

[19] 段兆雯, 王晓强, 张婷伟, 等. 城市公租房社区生活空间质量研究——以西安市为例[J]. 人文地理, 2019, 34(4): 81-88. [Duan Zhaowen, Wang Xiaoqiang, Zhang Tingwei, et al. Study on the quality of community living space in urban public rental housing: Taking Xi'an as a case[J]. Human Geography, 2019, 34(4): 81-88.]

[20] 张阳, 靳雪, 卢娜. 陕西民航客运与地区国际旅游间的动态影响研究[J]. 河南科学, 2019, 37(8): 1351-1358. [Zhang Yang, Jin Xue, Lu Na. The dynamic influence between civil aviation passenger transport and regional international tourism in Shaanxi Province [J]. Henan Science, 2019, 37(8): 1351-1358.]

[21] 胡道华, 赵黎明. 我国旅游业与民航客运业相关性研究及启示[J]. 中国流通经济, 2011, 25(9): 77-81. [Hu Daohua, Zhao Liming. Correlation analysis between China's air passenger transport and tourism industry[J]. China Business and Market, 2011, 25(9): 77-81.]

[22] 王伊璠. 民航运输业与旅游业的关联性发展研究[D]. 天津: 天津财经大学, 2018. [Wang Yifan. Research on the correlated development between civil aviation transport and tourism industry: A case study of Tianjin[D]. Tianjin: Tianjin University of Finance and Economics, 2018.]

[23] 姜珂, 昌忠泽. 人口结构变动对经常账户的影响——基于面板VAR模型的实证分析[J]. 中央财经大学学报, 2020, 40(2): 117-128. [Jiang Ke, Chang Zhongze. The impact of demographic changes on current account: An empirical analysis based on panel VAR model[J]. Journal of Central University of Finance & Economics, 2020, 40(2): 117-128.]

[24] Muhammad A N, Min D. Integration of financial markets in post global financial crises and implications for British Financial Sector: Analysis based on a panel VAR model[J]. Journal of Quantitative Economics, 2018, 16(2): 363-388.

[25] 刘超, 马玉洁, 谢启伟. 中国金融状况与实体经济发展研究——来自中国2000—2017年月度数据[J]. 系统工程理论与实践, 2019, 39(11): 2723-2738. [Liu Chao, Ma Yujie, Xie Qiwei. Research on China's financial situation and real economy development: Monthly data from China 2000—2017[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2019, 39(11): 2723-2738.]

Spatial pattern and dynamic response between tourism and passenger transportation in desert areas of China

ZHANG Yang[1,2], JIN Xue[3], GONG Xianjie[2]

（1. School of Economics and Management, Xi'an Aeronautical University, Xi'an 710077, Shaanxi, China;
2. General Aviation Industry Research Center, Xi'an Aeronautical University, Xi'an 710077, Shaanxi, China;
3. School of Economics and Management, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China）

Abstract: With the wide distribution of deserts throughout northwest China, desert area tourism products are located at a distance from eastern tourist-intensive cities and visitors primarily rely on civil aviation transport to reach scenic desert spots. Based on indices of civil aviation transport, such as the number of tourists, income, passenger throughput, number of airlines, and navigation cities of desert areas from 2009 to 2019, this paper evaluated the space-time development relationship between desert tourism in China and civil aviation passenger transport using the spatial adjacency, analyses of the buffer zone, and the panel vector autoregression model. The three major conclusions are as follows. (1) Distributed along the centerline of the Silk Road Economic Belt, tourism resources in China's desert areas are denser in the north-central and northwestern areas. (2) Of the 45 desert scenic spots covered by airports with civil aviation passenger transport, 86.7% have superior accessibility, while only 6 have inferior accessibility according to this study. This result shows that the development of desert tourism is strongly influenced by civil aviation passenger transport. Moreover, the buffer distances between most of the desert scenic spots and the civil aviation passenger transport airports are medium-range, with short distance and medium-short distance buffers accounting for 73.3% of the total, reflecting the high adjacency, namely, the high spatial dependency, between tourism in desert areas and civil aviation passenger transport. (3) The findings of the co-integration test show that there is a long-term and stable equilibrium between tourism in desert areas and civil aviation passenger transport. According to the impulse response and variance decomposition, it can be concluded that, in the short run, desert tourism has positive and negative interactivity with civil aviation passenger transport, while in the long run, desert tourism will promote the development of the latter. In return, civil aviation passenger transport will boost desert tourism by expanding the number of navigation cities and the market for passenger resources. For the future development of tourism and civil aviation passenger transport in desert areas, we can improve via the following three aspects: first, continuously improving the air transport capacity of desert areas; second, continuously promoting the development of tourism by seizing the strategic opportunity of the Silk Road Economic Belt, integrating existing desert tourism resources, and tapping deep into cultural connotations to instill content and soul in the product of desert tourism to build a well-known desert tourism brand in China and worldwide; and third, adhering to the integrative development strategy of "tourism plus transport". By taking advantage of low altitude sightseeing by short distance civil aviation passenger transport and giving full play to the link-up of civil aviation transport, an integrative development brand and pattern of desert tourism and transport can be built.

Key words: desert tourism; passenger transportation; spatial pattern; panel vector autoregression (PVAR) model; dynamic response